

УДК 621.357.7

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЦ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО АЛМАЗА НА СТРУКТУРУ ПОЛИКОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Гульня Д.Ю., Зубаревич П.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кузьмар И.И. – канд.техн.наук, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Изучены особенности формирования поликомпозиционных никелевых покрытий и закономерности влияния частиц дисперсной фазы на структуру осадков.

Ключевые слова: электрохимические покрытия

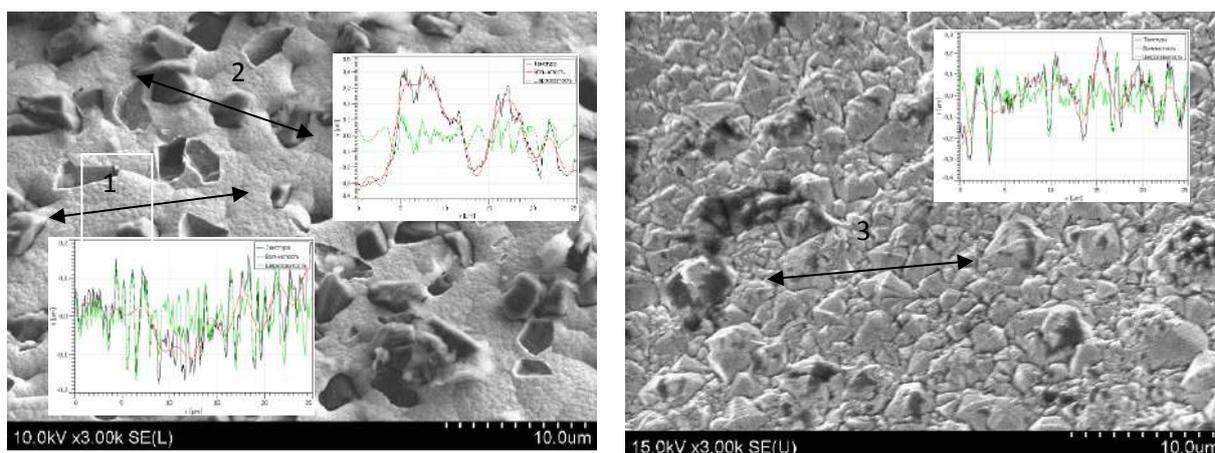
Введение. Функциональные электрохимические покрытия активно применяются в промышленности для производства изделий с широким спектром эксплуатационных свойств. При этом композиционное электроосаждение является динамично развивающимся направлением для модификации поверхности изделий. Получаемые покрытия обладают рядом свойств, отличающих их от чистых металлов. Понимание механизма формирования покрытий позволит управлять структурой и свойствами осадков.

Основная часть. Процесс образования сплошного покрытия определяется свойствами и составом электролита, условиями электролиза, природой металла и частиц. Из сульфатного электролита никелирования, модифицированного частицами углерода разного размера, получены поликомпозиционные покрытия. Результаты исследования влияния дисперсной фазы представлены на рисунках 1-3 и в таблице 1. Полученные покрытия серые мелкокристаллические



Рисунок 1 – Влияние дисперсной фазы на структуру покрытий: а – электролит без дисперсной фазы, б – электролит с частицами углерода

В таблице 1 представлены амплитудные, пространственные и гибридные характеристики шероховатости поверхности, рассчитанные по линиям профилей № 1-3 (рисунке 2). Средняя шероховатость R_a поверхности покрытий для профиля № 1 меньше, чем для профиля № 3, что говорит об измельчении структуры. Для профиля № 1 коэффициент асимметрии в 2 раза выше, чем у образца № 3. Оба образца имеют $R_{sk} < 0$, что говорит об опорных свойствах поверхности. Поверхности с отрицательным коэффициентом асимметрии R_{sk} имеют четкие глубокие впадины в гладких плато. Мера эксцесса R_{ku} характеризует отклонение гистограммы от гауссовой формы, то есть ширину пиков или впадин. Для профилей № 1 и № 2 гистограмма имеет гауссову форму, т.е. $R_{ku} \approx 3$, а для профиля № 3 поверхности покрытия без УДА $R_{ku} > 3$ и характерны узкие пики или впадины. Максимальное значение высота пика шероховатости R_p у профиля № 3, а у профиля № 1 меньше в 1,5 раза.



а б
Рисунок 2 - РЭМ снимки поверхности с шероховатостью, волнистостью и текстурой профиля покрытий поликомпозиционных никелевых (а) и никелевых (б)

На рисунке 3 представлен РЭМ снимок разреза поверхности поликомпозиционного покрытия. Частицы равномерно занимают объем, выталкиваясь растущим покрытием от основания. Основываясь на анализе литературы [1-8] и экспериментальных исследованиях выделили три последовательные межфазные взаимодействия: матрица–частица, частица–среда, среда–матрица и четыре стадии процесса роста осадка.

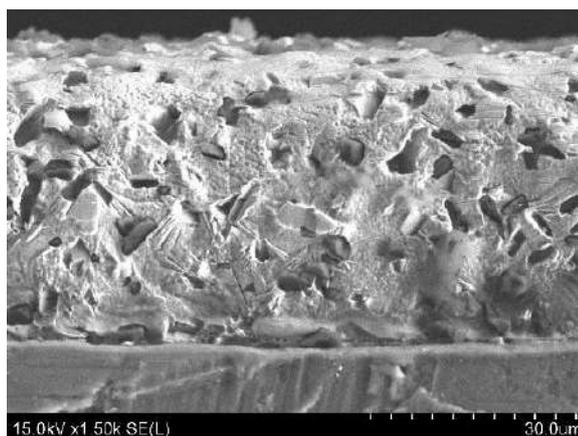


Рисунок 3 – РЭМ снимок разреза поликомпозиционного покрытие на основе никеля

Во-первых, подвод дисперсных частиц из объема суспензии в приэлектродный слой за счет перемешивания (естественного или искусственного), седиментации или электрофоретического переноса в диффузионном слое в результате создаваемых там высоких градиентов потенциалов.

Во-вторых, адгезия дисперсных частиц на катодной поверхности за счет сил электростатического притяжения, адгезионной связи с металлом, а также в результате попадания их в поры, капиллярные пустоты и микронеровности (углубления) поверхности электрода. Частица экранирует катод и способствует образованию на растущей поверхности углубления, которое в последствии заполняется металлом - матрицей.

В-третьих, гетероадагуляция (прилипание) частиц на катоде. На этой стадии происходит адсорбция ионов и полярных молекул, а также избирательная адсорбция и адгезия частиц дисперсной фазы поверхностью катода. На дисперсную частицу действуют силы отталкивания и притяжения. Прорыв расклинивающей прослойки под влиянием сил, прижимающих частицу к катоду, обеспечивает адгезионное взаимодействие и зарастание частицы осадком

В-четвертых, зарастание дисперсных частиц металлом. При этом на дисперсные частицы

действуют силы притяжения к поверхности (молекулярные, электрические, осмотические, гидрофобного взаимодействия) и силы отталкивания (электростатические, структурная составляющая расклинивающего давления). Частицы проводников, на которых возможно катодное выделение металла, обволакиваются основным металлом по всей поверхности частицы. Надо отметить, что между частицей и катодной поверхностью образуется расклинивающая прослойка жидкости. Начиная с расстояния 0,01-1 мкм от катода, возникает расклинивающее давление жидкой прослойки, толщина которой тем больше, чем меньше размер частицы и уменьшается с ростом катодной поляризации и при разбавлении электролита. Это способствует увеличению вероятности образования покрытий. Высокое содержание включений в начальных слоях можно объяснить способностью пакетов роста металла разрывать расклинивающую плёнку. При совместном выделении металла и водорода, вблизи растущих водородных пузырьков образуются микровихры, которые заносят частицы в эту область, обогащая дисперсной фазой. Частицы впоследствии зарастаются матрицей. Процесс образования пузырьков стохастический, что способствует статистически равномерному включению частиц в осадок. Дисперсные частицы становятся участниками процесса электрокристаллизации, причем, чем мельче частицы, тем легче образуется композиционное покрытие. Находясь в непосредственной близости от катода (на расстоянии 0,5-0,6 размера частицы) частица экранирует поверхность электрода. Условия питания растущих граней изменяются, что приводит к образованию углубления под частицей, в которое она постепенно опускается и зарастает осадком.

Таблица 1 – Амплитудные, пространственные и гибридные характеристики поверхности покрытий

Параметры шероховатость	Условия электроосаждения		
	с УДА		без УДА
	профиль №1	профиль №2	профиль №3
Средняя шероховатость (Ra), нм	44,113	41,987	58,836
Среднеквадратичная шероховатость (Rq), нм	55,683	51,983	75,976
Максимальная высота шероховатости (Rt), нм	298,620	286,981	470,111
Максимальная глубина впадины шероховатости (Rv), нм:	169,328	157,686	263,388
Максимальная высота пика шероховатости (Rp), нм	129,292	129,295	206,723
Средн. максимальная высота шероховатости (Rtm), нм	233,356	217,428	322,694
Средн. максим. глубина долины шероховатости (Rvm), нм	118,956	113,486	176,004
Средн. максим. высота пика шероховатости (Rpm), нм	114,401	103,942	146,690
Средн. отношение высоты третьего по высоте пика к глубине третьей по глубине впадины ($R3z$), нм	256,815	209,137	326,874
Среднее отношение высоты третьего по высоте пика к глубине третьей по глубине впадины ($R3z ISO$), нм	147,385	142,897	188,308
Средняя максимальная высота профиля (Rz), нм	259,315	223,347	366,442
Средняя максимальная высота шероховатости ($Rz ISO$), нм	233,356	217,428	322,694
Максимальная шероховатость от пика до впадины ($Ry = Rmax$), нм	278,111	267,257	402,197
Коэффициент асимметрии (Rsk)	-0,197	-0,239	-0,382
Эксцесс (Rku)	2,928	2,81844	3,47670
Средняя волнистость (Wa), нм	45,391	189,986	67,4978
Среднеквадратичная волнистость (Wq), нм	56,100	215,474	84,9431
Максимальная высота волнистости ($Wy = Wmax$), нм	252,795	715,082	457,019
Максимальная высота профиля (Pt), нм	367,599	754,909	599,861
Среднее расстояние между неровностями профиля (Sm), нм	756,358	1191,06	925,648
Средняя длина волны профиля (λa), нм	806,294	1236,41	900,219
Среднеквадратичная длина волны профиля (λq), нм	803,925	1118,84	913,847
Средний по модулю наклон (Δa)	0,344	0,213	0,411
Среднеквадратичный наклон (Δq)	0,435	0,292	0,522
Длина (L), мкм	24,960	25,012	24,993
Длина растянутого профиля (L), мкм	27,080	26,0021	27,919
Относительная длина профиля (lr)	1,084	1,040	1,117

Заключение. Установлено влияние частиц алмаза на состав и механизм роста поликомпозиционных покрытий.

Список литературы

1. Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные материалы. - М: Химия, 1983. - 304 с.
2. Антропов Л.И., Лебединский Ю. Н. Композиционные электрохимические покрытия и материалы. – Киев: Техніка, 1986. – 200 с.
3. Гурьянов Г.В. Электроосаждение износостойких композиций. - Кишинёв: Штиинца, 1985. - 238 с.
4. Бородин И.Н. Порошковая гальванотехника. - М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
5. Гурьянов Г.В. Закономерности осаждения композиционных электрохимических покрытий из электролитов-суспензий // Электронная обработка материалов. - 1982. - № 4. - С. 28-33.
6. Быкова М.И. О механизме осаждения, структуре и свойствах композиционных электрохимических покрытий на основе никеля // II РК по электрохимии: Материалы респ. конф. – Киев: Наукова думка, 1978. - С. 239-243.
7. Хмель А.А. Формирование тонкопленочных систем металлизации в нестационарных условиях электролиза: Дисс. ... д-ра. техн. наук: 05.27.16. – БГУИР, Минск. - 2001. - 405 с.
8. Кузьмар И.И. Формирование серебряных покрытий с упрочняющей фазой из ультрадисперсных алмазов: Дисс. на соиск. уч. степ. к-та. техн. наук: 02.15.03. – БГУИР, Минск. - 2003. - 160 с

UDC 621.357.7

EFFECT OF ULTRAFINED DIAMOND PARTICLES ON THE STRUCTURE OF POLYCOMPOSITE COATINGS

Gulpa D.Y., Zubarevich P.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kuzmar I.I. – PhD, associate professor of the department of ETT

Annotation. The features of the formation of polycomposite nickel coatings and the regularities of the influence of particles of the dispersed phase on the structure of deposits were studied.

Keywords: electrochemical coatings